

K5-62

ブレードで補強されたカテーテルの変形挙動と強度に関する研究 (振りと圧縮の比例負荷時に発生する飛び移り座屈現象と変形速度の関係について)

Study on the Deformational Behavior and Strength of Catheter reinforced with Thin Stainless Wires

Relation between the Snap-through Behavior generated under Proportional Loading of Torsion and Compression and the Rate of Deformation

○三浦 智博¹, 佐多 賢², 加藤 保之³

Tomohiro MIURA¹, Ken SATA², Yasuyuki KATO³

Abstract: The purpose of this study is to investigate the physical property of catheter, which is made of soft nylon resin and reinforced with thin stainless wires. In this report, using the specimens of different length, the buckling tests under the proportional loading of torsion and compression are conducted. Especially, the conditions when the snap-through behavior occurs are examined by performing the experiments with different axial displacement speeds and rotational speeds.

1. 緒言

ナイロン樹脂の母材にステンレス製の細いワイヤーを管状に織ったブレードで補強したカテーテルを研究対象とし、これまで座屈発生時の荷重や変位、ならびに座屈後の応力緩和現象を明らかにしてきた。

前報までの研究では、初期振りを与えた後に軸圧縮力を加える実験を行い、試験片の標点間距離と初期振れ角を種々に変化させて、座屈が生じた後に起こる飛び移り座屈現象について調べてきた。さらに、初期振り後に与える軸方向変位速度を種々に変化させて飛び移り座屈現象の発生状況を調べることで、軸方向の変位速度が飛び移り座屈現象に及ぼす影響を明らかにしてきた。

振りと圧縮の複合負荷経路には、初期振りを加えた後に軸方向変位速度を与える場合と軸方向変位速度を与えた後に振りを加える場合が考えられる（これらの内、前者の場合には、飛び移り座屈現象が発生する場合があるのに対して、後者では、発生しない）。一方で、この他に振りと圧縮を同時に加える中間的な比例負荷の経路も考えられる。しかし、この比例負荷の経路に関しては、これまでの研究では、詳細に検討が行われていなかった。

そこで本報では、このテーマに着目して軸方向の変位速度ならびに振り速度を種々に変化させて実験を行い、飛び移り座屈現象の発生条件を調査する。

2. カテーテルの断面形状と寸法

本研究で対象とするカテーテルは、ナイロン樹脂からなる母材(外径 D_o 、内径 D_i 、平均径 D_m)にステンレス製の細いワイヤーを管状に織り込んだブレード(外径 d_b 、初期織り込み角 θ_0)で構成されている。このブレードは、左右16本ずつ合計32本のブレードから構成されている。本実験で採用したカテーテルの寸法を表1に示す。なお、緒言で述べたように比較的長い試験片を用いて実験を行うため、標点間距離 L_0 は、200, 250, 300, 350, 400, 450 [mm]の6通りを採用する。また、試験片の初期織り込み角 θ_0 は、45[deg.]である。

Table 1. Diameter and ratio of area

Outside diameter D_o [mm]	Inside diameter D_i [mm]	Diameter of braid d_b [mm]	Ratio of matrix area α [-]
1.37	1.07	0.0508	0.842

3. 実験装置と実験方法

実験で用いた複合負荷試験機は、島津卓上試験機(オートグラフ AGS-J)に振り試験機を装着したものであり、圧縮と振りを同時に加えることができる機構となっている。この実験装置を用いて、表1に示したカテーテルに対して、以下に列記する条件で実験を行った(全ての実験で時間経過に伴う軸圧縮力と振りモーメントの測定を行うと共に、飛び移り現象が発生して起こる不連続の挙動を調べていく)。

3・1 同一軸方向変位速度下で振り速度を変化させる実験

試験片の標点間距離と軸方向変位速度を任意の値に固定した状態で、振り速度を1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0[rpm]に変化させて行う実験。

3・2 試験片標点間距離と飛び移り座屈現象の関係

振り速度と軸方向変位速度を任意の値に固定した状態で、試験片の標点間距離を200, 250, 300, 350, 400, 450 [mm]に変化させて行う実験。

3・3 同一振り速度下で軸方向変位速度を変化させる実験

3.1の場合とは反対に、試験片の標点間距離と振り速度を任意の値に固定した状態で、軸方向変位速度を30, 60, 90[mm/min]に変化させて行う実験。

4. 実験結果と考察

4・1 試験片の変形挙動

図1は、一例として、標点間距離250[mm]の試験片に回転速度1.5[rpm]、変位速度60[mm/min]を与えた場合の(a)変位一時間、(b)振れ角一時間、(c)軸力一時間、(d)振りモーメント一時間の関係を示したものである。AB間で振りと圧縮の比例負荷が与えられるが、その後B点で飛び移り座屈現象が発生して軸力とモーメントが共に不連続になる。

1: 日大理工・学部・機械 2: 日大理工・院(前)・機械 3: 日大理工・教員・機械

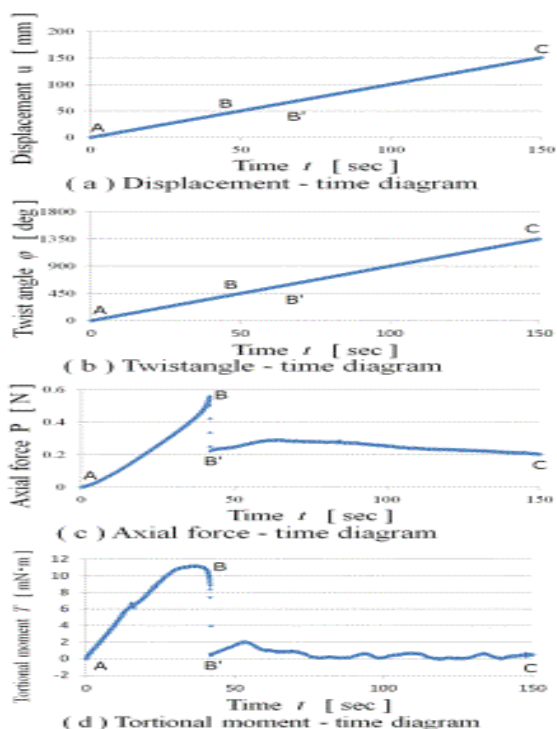


Fig.1 Results of axial force and torsional moment

4・2 軸方向変位速度と飛び移り座屈現象の関係について

図2は、同一の長さの試験片(標点間距離 250[mm])の条件下で、振り速度を種々に変えて得られる軸力の挙動を異なる変位速度ごと ((a) 30[mm/min], (b) 60[mm/min], (c) 90[mm/min]) に示したものである。これらの図は、振りと圧縮を同時に加える比例負荷の実験で得られる軸力と振りモーメントの内、軸力と時間の関係のみが示されている。これら図から回転速度が最も早い場合(5.0[rpm])では、圧縮荷重が最も大きくなり、また飛び移り座屈現象が発生する軸力の不連続量も最も大きな値となる。一方で、回転速度が遅くなるにつれ、不連続量は徐々に小さくなる。そして、最も回転速度の遅い (1.0[rpm]) の場合では、飛び移り座屈現象が発生していないことがこの図から確認できる。

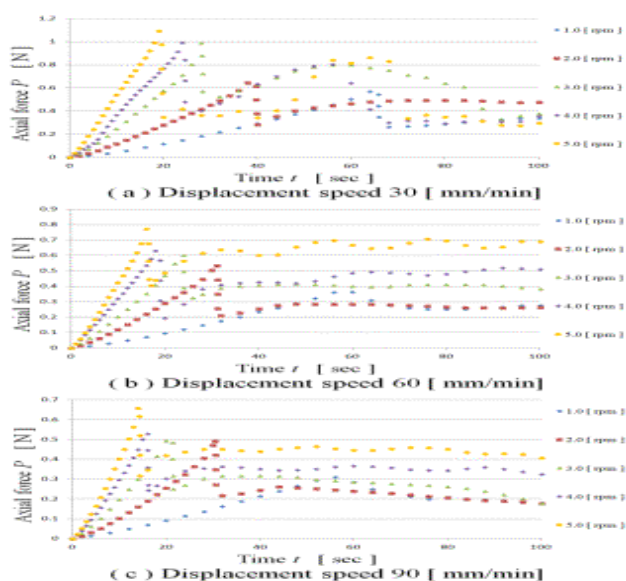


Fig.2 Axial force-time diagram (various twist angle speeds)

4・3 標点間距離と飛び移り座屈現象の関係について

図3は、一例として、軸方向変位速度を 60[mm/min], 回転速度を 3.0[rpm]に固定した条件の下で、試験片の標点間距離を種々に変化させて得られる軸力と時間の関係を表したものである。これらの図より試験片の標点間距離が長いほど飛び移り座屈現象は、遅いタイミングで生じていることが分かる。また、軸力の最大値も試験片の標点間距離が長くなるにつれて小さくなる。

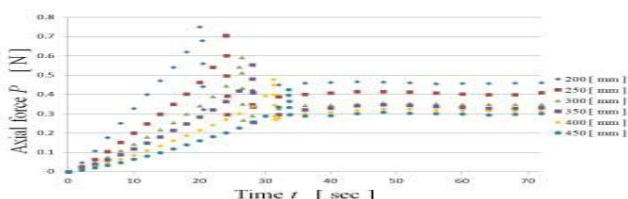


Fig.3 Axial force-time diagram for various gauge lengths

4・4 振り速度と飛び移り座屈現象の関係について

図4は、同一の長さの試験片(標点間距離250[mm])の条件下で、回転速度を一定値(2.0[rpm],3.0[rpm],4.0[rpm])に固定した条件の下で軸方向変位速度を30, 60, 90[mm/min]と変化させて得られる軸力と時間の関係を表したものである。これらの図より軸方向変位速度が大きいほど、飛び移り座屈現象は速いタイミングで生じていることが分かる。また、軸力の不連続量に関しては、減少傾向を示す。これは、軸方向変位速度が小さいほど大きな軸方向圧縮力の下で飛び移り座屈現象が発生するためである。

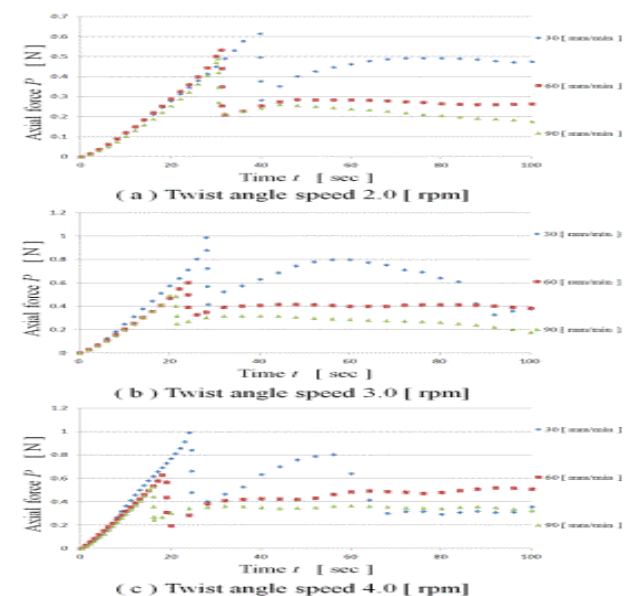


Fig.4 Axial force-time diagram (various axial displacement speeds)

5. 結 言

振りと軸方向変位を同時に与える比例負荷の経路に対して、軸方向変位速度、振り速度ならびに試験片の標点間距離を種々に変えて飛び移り座屈現象を調べた。その結果、軸方向変位速度と回転速度が、飛び移り座屈現象が生じる際の軸力と振りモーメントのタイミングと不連続量に影響を及ぼしていることが明らかとなった。